

KATA PENGANTAR

Standar Listrik Indonesia (SLI) No. SLI 009-1985
a. 009 yang berjudul "Spesifikasi Transformator Distribusi" dimaksudkan untuk dipakai oleh semua pihak terutama pihak konsumen dan pabrikan.

Sesuai dengan kebijaksanaan pemerintah di bidang Standardisasi Kelistrikan dimana standar Perusahaan/Assosiasi/Badan/Lembaga dapat diadopsi menjadi SLI, maka SLI 019-1985
a. 009 ini merupakan adopsi dari SPLN 50 : 1982 setelah menghapus ketentuan-ketentuan berikut :

Sub ayat 8.1 - Tegangan Primer, butir (C) demikian pula ketentuan-ketentuan lain yang berkaitan dengan butir (C) tersebut

Sub ayat 13 - Komposisi Sistem Tegangan, Tabel III, 3 lajur terakhir

Sub ayat 11.2 - Sirkuit magnetis, catatan 2.

Sub ayat 15.1 - Transformator Fasa-tunggal berpengaman sendiri (BPS) berikut tabel V.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknik Transformator yang dibentuk berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru No. 007-12/703/500/84 tanggal 4 Juni 1984 kemudian diganti dengan SK No. 004-12/703/600/85 tanggal 13 Februari 1985 dengan susunan anggota sebagai berikut :

- | | |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1. Ir. Mahmud Yunus (PLN)
Ketua I merangkap anggota | 7. Ir. Soemarjanto (Ditjen Listrik-
dan Energi Baru) Anggota |
| 2. Ir. Prasetyo (PT. UNINDO)
Ketua II merangkap anggota | 8. Ir. Saroso (PT. UNINDO)
Anggota |
| 3. Ir. Achmad Sudjana (PLN)
Sekretaris I merangkap anggota | 9. Ir. Suryono (AITTI)
Anggota |
| 4. Drs. Pinonda Siregar (Ditjen Listrik dan Energi Baru)
Anggota | |
| 5. Ir. Suwarno Suardjo (Ditjen Listrik dan Energi Baru)
Anggota | |
| 6. Ir. Merdeka Sebayang (Ditjen Listrik dan Energi Baru)
Anggota | |

10. Ir. Masim Soenotardono (PLN)
Anggota
11. Ir. Rosid (PLN)
Anggota
12. Ir. L. Kustiwa (PT. Pupuk Kujang)
Anggota
13. Ir. Agus Salim (PT. Krakatau Steel)
Anggota
14. Ir. Abut Setiawan (Departemen Perindustrian)
Anggota
15. Ir. Bambang Subianto (APLI)
Anggota

Dan telah dibahas dalam Forum Musyawarah Ketenagalistrikan yang diselenggarakan pada tanggal 11 s/d 14 Februari 1986 di Jakarta.

Pemerintah c.q. Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru memberikan kesempatan seluas-luasnya kepada para konsumen standar ini untuk memberikan bahan masukan baru yang tentunya akan sangat membantu dalam melakukan proses "up dating standar" dan yang akan selalu dilakukan secara berkala untuk disesuaikan dengan perkembangan teknologi terakhir.

Semoga buku standar ini dapat bermanfaat bagi para pemakai sebagai pelengkap perangkat lunak (software) dalam menunjang pembangunan di berbagai bidang ini.

Jakarta, A p r i l 1986.-

Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru

DAFTAR ISI

	Halaman
Pasal Satu : Ruang Lingkup dan Tujuan	1
Pasal Dua : Berlakunya Standar IEC dan Penerapannya di Indonesia	1
Pasal Tiga : Spesifikasi Umum	3
Pasal Empat : Spesifikasi Khusus	12
Pasal Lima : Ujian	13
 Tabel I — Spesifikasi	 2
Tabel II — Rasi Total Maksimum	9
Tabel III — Komponen Sistem Tegangan	9
Tabel IV — Tingkat Risiko	10

INVERSE TRANSFORMATION DISTRIBUTION

David S. Jones

History and the Urban Region

1. Ruang Lingkup

Standar ini didasarkan pada spesifikasi transformator distribusi (termasuk beban 100 motor), yaitu transformator dengan tegangan primer 24 kV atau kurang.

Dibuatkan daftar dari transformator-transformator khusus sebagai berikut :

- Transformator tenaga yang berkapasitas penguat kurang dari 1 kVA dan transformator tenaga kurang dari 5 kVA.
- Transformator daya (diliput oleh Publikasi IEC 185 dan 186, masing-masing tentang transformator arus dan transformator tegangan).
- Transformator untuk konverter statis (diliput oleh Publikasi IEC 84, 119, dan 146, masing-masing tentang konverter busbar, tumpuk perata semikonduktor polikristalin dan konverter semikonduktor).
- Transformator daya.
- Transformator tenaga.
- Transformator tenaga yang dipasang pada kereta-rel.
- Transformator tenaga.

Standar ini disusun berdasarkan dan merupakan kearifan dengan standar-standar IEC tentang transformasi energi dan energi listrik.

- | | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| (1) | Publised IEC 76, "Guidelines "Power Transformers", yang terdiri dari 5 bagian, yaitu : | |
| - | IEC 76-1 (1974) | "General" |
| - | IEC 76-2 (1976) | "Temperature Rise" |
| - | IEC 76-3 (1974) | "Insulation Levels and Dielectric Tests" |
| - | IEC 76-4 (1974) | "Tap-changers and Connections" |
| - | IEC 76-5 (1974) | "Ability To Withstand Short-Circuit" |
| (2) | Publised IEC 76-1 (1974) yaitu : | "Loading Guide for Oil Immersed Transformers" |
| (3) | Publised IEC 76-1 (1974) yaitu : | "Application Guide for Power Transformers" |

2. Topology

Tujuannya ialah untuk memberikan pegangan yang terarah baik bagi pemasan-
lah konsumen dalam pembuatan serta penentuan oleh fabrikasi penjual
dan lembaga pengaji dalam dan luar negeri. Dalam standar ini ditetapkan
spesifikasi umum bagi transformator distribusi baik yang diimpor maupun
produksi dalam negeri. Dalam pemasangan konsumen dapat menetapkan lebih
lanjut spesifikasi menurut masing-masing bagi transformator yang diimpor
dan produksi dalam negeri sesuai dengan pengalaman dan kebutuhan.

Final Date

Pengembangan Standar IEC dan Penerapannya di Indonesia

2. Telah ditetapkan oleh dan berkoordinasi pembuatnya di PLN sebagai berikut :
- Pertama : Pengaplikasian menggunakan perubahan sistem karena adanya rencana kerja yang diperlengkapi untuk menunjang peralatan tertentu lainnya
 - Kedua : Mengukur (menghitung seluruhnya atau dengan tambahan/perubahan) standar ICC sedang berlaku standar yang lain akan dipakai sebagai pembandingan yang dapat menunjukkan adanya perbedaan atau tidak beresentensi dengan standar ICC.

Sehubungan dengan hal tersebut maka dalam menyusun spesifikasi transformator distribusi, perlu dianalisa seberapa jauh dapat diterangkan bagi desain dan pengujian transformator yang dipesan konsumen baik melalui import maupun melalui produksi dalam negeri. Menurut perkiraan IEC, perlu dianalisa untuk menjawab pertanyaan : Bagaimana (perubahan) karakteristik kerja sebuah transformator yang dirancang berdasarkan standar IEC, bila dipakai di Indonesia ? Khusus bagi fabrikasi dalam negeri, desain dan pengujian dapat dipilih diantara dua alternatif, yaitu mengikuti standar IEC seutuhnya, atau merancang sendiri.

4. Mengikuti Publikasi IEC 76 (1976), 354 (1972) dan 606 (1973)

4.1. Nilai-nilai pengenal sebuah transformator termasuk transformator distribusi yang dirancang berdasarkan Publikasi IEC 76 (1976) dan 354 (1972) merupakan hasil penjabaran dari nilai efektif suhu sekitar sepanjang tahun. Dalam Publikasi IEC 76-1 (1976) disebutkan bahwa transformator dirancang untuk bekerja pada suhu-sekitar yang tidak melebihi 40°C dan juga tidak melebihi nilai-nilai berikut :

- + 30°C rata-rata harian;
- + 20°C rata-rata tahunan.

Dalam SPLN 17A : 1979 (Publikasi IEC 354) dan SPLN 17:1979 tentang Pedoman Pemeliharaan Transformator Terendam Minyak, nilai efektif dari suhu-sekitar sepanjang tahun dapat dihitung dan untuk negara-negara yang mempunyai 4 musim diperoleh nilai efektif 20°C . Dalam SPLN 17A : 1979 tersebut diberikan rumus untuk menghitung suhu-sekitar efektif tahunan (annual average ambient temperature) θ_1' dan contoh perhitungannya sebagai berikut :

$$\theta_1' = 20 \log_{10} \left[\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} 10^{\theta_i/10} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{dimana, } \theta_1 &= 30^{\circ}\text{C selama 2 bulan (m. panas)} \\ &= 20^{\circ}\text{C selama 4 bulan (m. semi)} \\ &= 10^{\circ}\text{C selama 4 bulan (m. gugur)} \\ &= 0^{\circ}\text{C selama 2 bulan (m. dingin)} \end{aligned}$$

sehingga diperoleh :

$$\theta_1' = 20 \log_{10} \left[\frac{1}{12} (2 \times 10^{30/10} + 4 \times 10^{20/10} + 4 \times 10^{10/10} + 2 \times 10^0) \right]$$

$$= 20 \times 0,9926 = 19,85^{\circ}\text{C} \approx 20^{\circ}\text{C}$$

dimana hitung rata-rata aritmatik diperoleh :

$$\theta_1' = \frac{2 \times 30 + 4 \times 20 + 4 \times 10 + 2 \times 0}{12} = 15^{\circ}\text{C} (5^{\circ}\text{C lebih rendah)}$$

Biasa suhu-sekitar diperlukan penaknaan nilai efektif (atau disebut juga nilai bobot) karena pada bahan suhu-sekitar sangat besar, yaitu antara 0°C (atau kurang yang sama pengaruhnya terhadap ketahanan isolasi) dan 30°C .

Bagi Indonesia, suhu rata-rata suhu-sekitar sepanjang tahun tidak besar, yaitu sama rata-rata tahunan 24°C (pada musim hujan) dan 27°C (pada musim kemarau), perkiraan untuk perhitungan nilai efektif tidak dibuat dalam karena hasilnya sama saja dengan nilai rata-rata tahunan yang di atasnya.

Nilai efektif :

$$\theta_2 = 23 + 10 \left[\frac{1}{12} (5 \times 1)^{27/20} + 5 \times 10^{24/20} \right]$$

$$= 23 \times 1,281 = 25,62^{\circ}\text{C}.$$

Nilai rata-rata aritmatik :

$$\theta_2 = \frac{27 + 5 \times 24}{11} = 25,5^{\circ}\text{C}$$

- 4.2. Dalam SPLN 17A : 1979; pada Tabel III dan VIII diunjukkan bahwa transformator itu dirancang untuk dibebani 100% selama 24 jam pada suhu-sekitar 20°C . Sebagaimana ditegaskan di atas suhu sekitar 20°C ini merupakan nilai efektif suhu-sekitar *sepanjang tahun* di negara-negara yang mempunyai 4 musim. Tabel I s/d X mencantumkan parameter suhu-sekitar dari 0°C s/d 40°C . Untuk Indonesia, yang mempunyai suhu sekitar 24°C dan 27°C (yang merupakan nilai rata-rata tahunan nilai efektif), dikeluarkan SPLN 17 : 1979.

Hal ini berarti bahwa daya pemanfaatan pembangkitan lebih menjadi faktor yang lebih dari 40% di negara-negara berempat musim, melainkan juga berarti bahwa transformator produksi negara-negara berempat musim yang berdaya pengenal 100 kVA, sesuai dengan standar IEC (yang memang menetapkan dalam empat-musim sebagai kriteria desain) hanya akan bernilai efektif 64 kVA (pada 24°C) dan 34 kVA (pada 27°C) bila beroperasi di Indonesia. Jadi mengalami penurunan nilai pengenal (derating). Hal yang sama akan berlaku bagi transformator produksi dalam negeri (Indonesia) yang memakai standar IEC sepenuhnya.

- 4.3. Jika memperhatikan perkiraan selanjutnya SPLN 17 : 1979 dapat dianggap sebagai Tabel III C dan VIII C yang memakai tabel $K_1 = K_2$ dan kurva $K_1 = K_2$, sehingga parameter suhu efektif θ_1 menjadi $25,5^{\circ}\text{C}$. Dengan cara seperti ini transformator yang berdaya pengenal 100 kVA IEC dan berdaya pengenal 100 kVA hanya akan bernilai efektif 64,75 kVA pada $25,5^{\circ}\text{C}$.

Dalam Tabel IIIA ($\theta_1 = 24^{\circ}\text{C}$) dapat dibaca bahwa transformator yang dibebani 40% daya pengenal selama 12 jam dapat dibebani 100% daya pengenal selama 12 jam selanjutnya. Demikian pula dalam Tabel IIIB ($\theta_1 = 27^{\circ}\text{C}$) bahwa transformator yang dibebani 40% daya pengenal selama 12 jam dapat dibebani 100% daya pengenal selama 12 jam selanjutnya.

Bilamana ditambahkan Tabel IIIC ($\theta_1 = 25,5^{\circ}\text{C}$) akan ternyata bahwa transformator yang dibebani 85% daya pengenal selama 12 jam dapat dibebani 100% daya pengenal selama 12 jam selanjutnya. Selanjutnya dimisalkan bahwa waktu beban-puncak berlangsung 4 jam (jam 18.00 - 22.00) maka dengan cara seperti di atas dapat diperoleh bahwa transformator yang dibebani 100% daya pengenal selama 4 jam dapat dibebani 94,75% daya pengenal selama 20 jam selanjutnya. Dengan demikian jelaslah bahwa penurunan nilai daya pengenal dalam praktek tidak begitu berarti oleh karena beban yang biasanya jauh di bawah 90% daya pengenal. Bilamana selama waktu beban-puncak itu hendak dibebani 110% daya pengenal, transformator masih dapat dibebani 87,15% daya pengenal selama 20 jam selanjutnya.

5. Merancang Sendiri

Bila merancang sendiri transformator berdasarkan kondisi di Indonesia, khususnya perantara, maka dapat ditampung melalui dua jalur yaitu pertama, mengikuti standar IEC, dan kedua, mengikuti standar nasional seperti yang tertera di SNI 146 yang pada saat ini telah disetujui. Yang kedua, yaitu bahwa dengan memasukkan suhu-sekitar 24°C dan 27°C maupun $25,5^{\circ}\text{C}$ sepanjang tahun, maka rumus-rumus dan penjabarannya tetap berlaku, dengan catatan akan mengalami penurunan nilai daya pengenal, yang telah dalam Buku Manual Pengoperasian dan Pemeliharaan Transformator di tegaskan bahwa transformator dirancang berdasarkan Publikasi IEC 76 (1976) dan 354 (1972) sehingga daya pengenal tertera pada pelat nama berlaku pada suhu-sekitar dengan nilai efektif 20°C sepanjang tahun, dan oleh karena itu untuk dioperasikan di Indonesia dengan suhu-sekitar rata-rata tahunan $25,5^{\circ}\text{C}$ dipakai label IIC dan VIIIC, yang masing-masing di-bagikan dari Tabel-tabel VIIA, IIIB dan VIIIA, VIIB.

Dengan demikian jelaslah bahwa merancang sendiri dengan memasukkan suhu-sekitar yang berlaku di Indonesia ke dalam rumus-rumus tercantum dalam SPLN 17A : 1979 (Publikasi IEC 354) tidak diperlukan lagi karena akan menghasilkan transformator yang sama dengan catatan akan mengalami penurunan nilai daya pengenal, dan karenanya tidak disebut merancang sendiri. Jalur yang kedua yaitu dengan memasukkan suhu-sekitar di Indonesia kedalam rumus-rumus lain dari SPLN 17A : 1979. Perlu diingat bahwa Publikasi IEC 354 (SPLN 17A : 1979) telah disetujui secara eksplisit oleh 25 negara, termasuk semua negara industri dari 44 negara anggota, yaitu :

Australia	Finlandia	Israel	Polandia	Turki
Austria	Perancis	Italia	Rumania *)	Uni Soviet *)
Belgia	Jerman	Jepang *)	Afrika Selatan	Inggris
Cekoslowakia	Hongaria	Belanda	Swedia	USA
Denmark	Iran **)	Norwegia	Swiss	Yugoslavia

Dengan demikian dapat dipastikan bahwa negara-negara tersebut, kecuali Iran, akan menjabarkan Publikasi IEC 354 (1972) sebagai dasar bagi desain transformator di negaranya masing-masing.

6. Kesimpulan dan Keputusan

Dari uraian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa :

6.1 Publikasi IEC 76 (1976), 354 (1972) dan 606 (1978) merupakan standar yang berlaku untuk merancang transformator - termasuk transformator distribusi - dan kebanyakan negara anggota IEC (termasuk negara-negara industri) dan oleh karena itu seharusnya perlu dijadikan dasar untuk merancang transformator distribusi yang diproduksi di dalam negeri.

6.2 Dalam 4 metode yang dijadikan kriteria dalam Publikasi IEC tersebut tidak menjadi dasar penerapannya di negara-negara yang bukan beriklim tropis dengan catatan diperlukan pedoman penerapan pengoperasiannya sesuai dengan suhu-sekitar yang berlaku sepanjang tahun. Jadi, kriteria desain berlaku sepenuhnya, tetapi pengoperasiannya memerlukan pedoman penerapan sesuai suhu-sekitar yang berlaku.

Dengan kesimpulan di atas diambil keputusan sebagai berikut :

6.3 Menyusun konsep "Spesifikasi Transformator Distribusi" dengan mengacu sepenuhnya Publikasi IEC 76 (1976), 354 (1972) dan 606 (1978) serta Publikasi publikasi IEC lainnya yang berkaitan.

*) Hanya menyetujui bagian utama dan Lampiran A

**) Hanya menyetujui Lampiran B

Untuk ini hanya diperlukan Peraturan Penerapan Pengoperasian dan Pemeliharaan yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia, terutama persyaratan dalam.

16. Konsep pemeliharaan tersebut di atas dilengkapi dengan persyaratan lain yang lebih khusus bagi semua transformator distribusi serta persyaratan khusus (spesifik) bagi transformator distribusi pada duksi dalam negeri sesuai dengan pengalaman dan kebutuhan di negara-negara.

Pasal Tiga Spesifikasi Umum

7. Spesifikasi umum ini ditetapkan bagi transformator distribusi baik yang dipasang maupun diadakan dalam negeri. Spesifikasi ini meliputi juga ketentuan-ketentuan yang lebih spesifik sesuai dengan program dan kebutuhan PLN. Dalam menetapkan spesifikasi umum bagi pemesanan sebuah transformator, perhatikan Lampiran A dari standar ini.

8. Tegangan Pengenal dan Penyalapan.

8.1 Tegangan primer *)

Tegangan primer ditetapkan sesuai dengan tegangan nominal sistem pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang berlaku di lingkungan ketenagalistrikan yaitu 6 kV dan 20 kV. Dengan demikian ada tiga macam transformator yang dibedakan oleh tegangan primernya, yaitu :

- (a) Transformator bertegangan primer 6 kV.
- (b) Transformator bertegangan primer 20 kV.

Catatan :

Pada sistem distribusi fase-tiga, 4-kawat, maka transformator fase-tunggal yang dipasang harus mempunyai tegangan pengenal $20 \text{ kV}/\sqrt{3} = 12 \text{ kV}$. Karena SPLN 1 : 1973 menetapkan standar nominal sistem 20 kV, maka masih perlu dipasang transformator fase-tunggal dengan tegangan pengenal 12 kV (lihat Sub-bab 15.3).

8.2 Tegangan sekunder

Tegangan sekunder ditetapkan tanpa disesuaikan dengan tegangan nominal dari sistem tenaga listrik (PLN) yang berlaku di lingkungan PLN (137 V, 230 V untuk sistem tenaga listrik tenaga air dan tenaga air, dan 133/231 V untuk sistem tenaga listrik tenaga air, yaitu : 133/231 V dan 231/400 V yang dapat dipakai secara serentak).

Dengan demikian ada empat macam transformator yang ditetapkan oleh tegangan sekundernya, yaitu :

- (a) Transformator bertegangan sekunder 133 / 231 V;
- (b) Transformator bertegangan sekunder 231 / 400 V;
- (c) Transformator bertegangan sekunder 133/231 V dan 231/400 V yang dapat digunakan secara serentak (simultan).

Catatan :

Bila dipakai tidak serentak maka dengan bertegangan sekunder 231/400 V daya transformator tetap 100% daya pengenal, sedang dengan tegangan sekunder 133/231 V dayanya hanya 75% daya pengenal.

- (d) Transformator bertegangan sekunder 133/231 V dan 231 / 400 V yang digunakan secara simultan (lihat Sub-bab 15.3).

*) Tegangan pengenal pada sistem tenaga listrik dan sumber daya disebut "Primary" sedang yang merupakan daya yang ke beban disebut "sekunder".

3.3. Penyadapan

Ada tiga macam penyadapan tanpa beban, yaitu :

(a) Sadapan tanpa beban (STB) tiga langkah : 21, 20, 19 kV.

(b) Sadapan tanpa beban dua langkah : 22, 21, 20, 19, 18 kV.

(c) Sadapan tanpa beban dua langkah : 21, 20,5, 20, 19,5, 19 kV.

Penyadapan dilakukan dengan pengubah-sadapan (komutator) pada kendali tanpa beban pada sisi primer.

Catatan :

Nilai-nilai tegangan sadapan, khususnya penyadapan utama (principle tapping), adalah nilai-nilai yang disesuaikan dengan besaran-besaran pengenal (arus, tegangan, daya), sebagaimana didefinisikan dalam Publikasi IEC 76-1 (1976) Sub ayat 3.5.1.1.

9. Daya Pengenal dan Pembebanannya

9.1. Daya pengenal

Nilai-nilai daya pengenal yang lebih disukai tercantum dalam SPLN 17A : 1979 (Publikasi IEC 76-1 (1976), Tabel II) seperti di bawah ini, sedang yang bertanda * adalah nilai-nilai standar PLN.

kVA	kVA	kVA
5	25 *	200 *
6,3	31,5	250 *
8	40	315 *
10	50 *	400 *
12,5	63	500 *
16 *	80	630 *
20	100 *	800 *
	125	1000 *
	160 *	1250 *
		1600, **

Catatan :

Nilai-nilai dalam tabel di atas berlaku bagi transformator tenaga dan daya pengenal. Bagi transformator tenaga yang akan dipasang pada busbar tenaga, nilai-nilai tersebut harus disesuaikan dengan ketentuan dalam tabel di atas.

9.2. Pembebanan transformator

Pembebanan transformator dilaksanakan sesuai dengan SPLN 17A : 1979 (Publikasi IEC 354 (1972), Lampiran A) dan SPLN 17 : 1979 masing-masing tentang Pedoman Pembebanan Transformator Tenaga Milyak dan Pedoman Penerapannya. Nilai-nilai beban yang tercantum dalam Tabel 1 & 2 dan Lampiran A menunjukkan dimungkinkannya pembebanan lebih pada suhu sekitar dan jangka waktu tertentu. Dengan nilai-nilai tersebut transformator dijamin tidak mengalami kerusakan susut umur (umur transformator tetap sesuai desain), karena pengaruhnya terhadap isolasi sama dengan transformator yang bekerja pada daya pengenal dan suhu sekitar 20°C, sehingga suhu titik-panas (hot-spot) pada lilitan mencapai 95°C.

Dengan demikian, untuk menguji pemanfaatan Publikasi IEC 354 (1972) tersebut, maka umur transformator perlu ditetapkan yaitu selama 20 tahun atau 7300 hari, sehingga transformator itu akan mempunyai susut umur normal (normal loss of life) 0,0137 % per hari.

Catatan :

Dalam SPLN 17A : 1979, Lampiran A, sub-ayat 2.2. diberikan pengertian dan contoh pemanfaatan mengenai susut umur (use of life) sbb :

Dengan dibebaninya transformator pada daya pengenal dan suhu sekitar 20°C, maka transformator akan mengalami pemburukan isolasi dan karenanya mengalami susut umur yang normal sehingga umur transformator sesuai dengan desain, misalnya 30 tahun.

Sehingga ini adalah tabel susut umur sebagai fungsi dari suhu titik panas θ_c .

θ_c	susut umur
80	0,1
85	0,25
90	0,5
95	1,0
100	2,0
110	4,0
116	6,0
122	10,0
128	20,0
134	64,0
140	128,0

- Contoh 1 : Transformator dibebani 10 jam pada $\theta_c = 104^\circ\text{C}$ dan 14 jam pada $\theta_c = 84^\circ\text{C}$. Susut umurnya = $10 \times 2 + 14 \times 0,25 = 33,5$ jam umur selama 24 jam (24 jam). Karena masih kurang dari 24 jam, transformator tidak mengalami "keputusan susut umur", sehingga umurnya tetap sama dengan desain (Tabel I s/d X).
- Contoh 2 : Transformator dibebani 4 jam pada $\theta_c = 110^\circ\text{C}$ (pada beban puncak) dan 20 jam pada $\theta_c = 90^\circ\text{C}$. Susut umurnya = $4 \times 4 + 20 \times 0,4$ (interpolasi) = 26 jam umur selama 24 jam. Ini juga berarti mengalami susut umur yang normal (Tabel I s/d X).
- Contoh 3 : Transformator dibebani 12 jam pada $\theta_c = 100^\circ\text{C}$ dan 12 jam pada $\theta_c = 80^\circ\text{C}$. Susut umurnya = $12 \times 2 + 12 \times 0,1 = 26,4$ jam umur selama 24 jam. Ini berarti mengalami susut umur yang normal, sehingga umurnya menjadi $\frac{24}{0,9} = 26,7$ tahun = 20 tahun. (Tabel XI s/d XXVI).

10. Kelompok Vektor

Adapun nama transformator yang dibedakan oleh kelompok vektornya dan tipe netranya yakni:

10.1. Kelompok vektor Y, zn 1

Dipakai pada trafo transmisi berkapasitas sampai dengan 250 kVA.

Gruptrafo ini berjenis netralnya dikubur.

10.2. Kelompok vektor D, yn 2

Dipakai pada transformator berkapasitas 25 kVA sampai dengan 250 kVA.

Gruptrafo ini berjenis netralnya dikubur.

10.3. Kelompok vektor Y, zn 5 dan Y, yn 6

Kelompok vektor ini terdapat pada sebuah transformator bertegangan sekunder ganda 250/250 kV, bekerja tidak serentak, dipakai pada transformator berkapasitas sampai dengan 250 kVA untuk keperluan jaringan distribusi pada umumnya, di atas 250 kVA sampai dengan 630 kVA hanya diolah untuk keperluan jaringan yang berkaitan dengan kapasitas serta kelompok vektor dan tegangan sekunder ganda tersebut. Kelompok vektor Y, zn 5 dipakai pada tegangan sekunder 250/250 kV, sedang kelompok vektor Y, yn 6 dipakai pada tegangan sekunder 250/250 kV.

11. Tingkat Isolasi Dasar

Tingkat Isolasi Dasar (IID) bagi transformator distribusi telah ditentukan dalam SPLN 7: 1975, Vol. 1 115 kV (lihat Tabel I dalam Ayat 12.1.1 Tegangan s. II impuls).

12. Karakteristik Elektrik

12.1 Tabel I berikut ini adalah standar yang masih berlaku, kecuali nilai rugi besi dan tembaga, arus beban nol, efisiensi serta pengaturan tegangan yang hanya merupakan contoh.

- 12.2. Dalam standar ini ditetapkan nilai maksimum bagi rugi total (dalam % terhadap daya pengenal), yaitu rugi besi dan tembaga pada 75 °C, faktor daya 1,0 dan beban 100%, sebagai berikut :

Tabel II – Rugi total maksimum

PASA Tunggal	P a s a — I I g a														
25 50	50	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600		
2,21 1,75	1,55	2,07	1,76	1,71	1,56	1,48	1,37	1,32	1,24	1,52	1,44	1,42	1,33		

13. Komposisi Sistem Tegangan

Sesuai dengan Pasal Tiga, Ayat 3 dan 9 di atas, ditetapkan komposisi sistem tegangan sebagai berikut:

Tabel III – Komposisi Sistem Tegangan

Daya Penenal kVA	ITP/TS1	ITP/TS2	(ITP/TS1 + TS2)
10	•	•	•
25	•	•	•
50	•	•	•
100	•	•	•
250	•	•	•
315	•	•	•
400	•	•	•
500	•	•	•
630	•	•	•
800	•	•	•
1000	•	•	•
1250	•	•	•
1600	•	•	•

- Keterangan :
- ITP : Tegangan Primer Tunggal
 - TS1 : Tegangan Primer Ganda
 - TS2 : Tegangan Sekunder 153/231 V
 - TS1 + TS2 : Tegangan Sekunder 231/400 V
 - : Tegangan Sekunder Ganda dapat bekerja serentask
 - : Dapat standar sebagai standar di lingkungan PLN
 - : Dapat standar, diperoleh sesuai kebutuhan.

14. United Methodist Church

14.1 Letak geografis dan letak lain dalam Indonesia memiliki pengaruh...

- Geografi : kawasan ekuator
- ketinggian : 1000 m di atas permukaan laut
- iklim : 120° sampai 180°
- suhu : maksimum 40°C
minimum harian tertinggi 30°C
minimum 16°C
rata-rata tahunan 25,5°C

14.2. Transformator dirancang dan dibuat dari komponen dan bahan baku yang sama sekali baru dan sesuai dengan persyaratan desain sebagaimana ditetapkan oleh standar IEC (Serai f. penggunaannya dalam Amerika dan negara-negara tertentu) dan standar nasional dari negara Indonesia.

Transformator dilengkapi pula dengan alat-alat pelengkap yang terpasanglah baru dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh pabrik. Bagi transformator produksi dalam negeri yang dirakit sesuai dengan spesifikasi pabrik adalah pembangkit Listrik. Komponen, bahan-baku, dan alat-alat pelengkap tersebut serta penyelesaiannya haruslah disesuaikan pula dengan geografi dan iklim Indonesia. Khususnya mempunyai sifat tahan karat (korosi).

14.3. Sirkuit magnetis dibuat dari besi silikon (grain oriented silicon steel) dengan metode penyambungan berlapis-lapis (interleaved) dan membentuk rangkaian magnetis tertutup. Dengan cara ini akan mengurangi rugi-rugi besi, getaran dan tingkat bising.

Jawab : 1. Yang berwenang akan diperhitungkan pembangunan kon-
struksi cara lain sesuai dengan perkembangan teknologi

1949. Linton, Charles. The function of the ear in the vocal tract. *Annals of the New York Academy of Sciences* (NYAS) 51: 1-10. Kajian tentang anatomi fisiologi saluran dan untuk tanggapan terdengar (TR) Apakah kawat tambahan akan membantu?

Pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 127/MenKes/Per/2012 tentang "Pengendalian Penggunaan Antibiotik" yang bertujuan untuk mencegah resistensi antibiotik.

1.1.5. Terminal (bungkus) tegangan menengah dibuat dari porcelin atau dasar sintesis (synthetic resin) sedangkan untuk tegangan rendah digunakan porcelin (biasanya kurang dari 630 A). Untuk arus yang lebih rendah dari 630 A) digunakan terminal batang tembaga dengan isolator dasar sintesis.

14.1. Tampak di atas gambar di atas, dari pelat baja berpelat lasan yang (electro-galvanized) yang berpelat di bagian atasnya, dan dari pelat baja berpelat lasan yang berpelat di bagian bawahnya. Pelat baja berpelat lasan yang berpelat di bagian atasnya berpelat lasan yang berpelat di bagian atasnya, dan pelat baja berpelat lasan yang berpelat di bagian bawahnya berpelat lasan yang berpelat di bagian bawahnya. Pelat baja berpelat lasan yang berpelat di bagian atasnya berpelat lasan yang berpelat di bagian atasnya, dan pelat baja berpelat lasan yang berpelat di bagian bawahnya berpelat lasan yang berpelat di bagian bawahnya.

14.7 Explain the difference in spectra of potassium radiated from only 10^4 and 10^{10} atoms.
Discuss in detail in hrs.

Seperangkat profil yang dibuat dari plat baja yang sama yang telah dilubangi dengan cara yang sama akan memberikan perubahan momen geser dan perubahan lain.

Minyak transformator yang digunakan harus memenuhi SNI 49-1 (1982), "Minyak Isolasi, Bagian 1: Pedoman Penerapan Sertifikasi dan Pemeliharaan Minyak Isolasi."

Tabel IV. Tingkat Bising

Daya pengenal kVA	Tingkat bising dlm dBA pada jarak 3 m nominal
25	33
50	34
100	35
150	36
200	37
250	38
315	39
400	40
630	42

Fig. 1. $\Delta \epsilon$ and $\Delta \epsilon'$ dependence on $\Delta \epsilon$ for the transformation $\epsilon \rightarrow \epsilon'$ with $\epsilon = 1$ and $\epsilon' = 0.5$.

- Alat-alat palar, kap yang tekstualif, disantakan at a pamaritan ; pamaritan.

15. Kasus-Nomor 5b: 100%

15.2 Bagi sistem distribusi 20 kV fasa-tiga, 4-kawat, dibuat transformator fasa-tiga berdaya pengenal 200 kVA sampai dengan 1500 kVA dengan kelompok vektor Y, ya 6 serta mempunyai karakteristik elektrik sebagaimana diuraikan dan tercantum pada Tabel I.

15.3 Transformator fasa-tunggal terdiri dari transformator bertegangan primer fasa-ke-tanah $\frac{20}{\sqrt{3}}$ kV dan fasa-ke-tanah 20 kV, yang masing-masing mempunyai 2 lilitan dan tegangan sekunder 2×231 V dengan 4 terminal.

Transformator fasa-tunggal berdaya pengenal 16, 25 dan 50 kVA.

Pasal Empat Spesifikasi Khusus

16. Dalam pemesanan Konsumen sebagai pemesan dapat menetapkan lebih lanjut spesifikasi khusus masing-masing bagi transformator yang diimpor dan produksi dalam negeri sesuai dengan pengalaman dan kebutuhan pemakai bilamana dianggap perlu baik bagi transformator yang diimpor maupun produksi dalam negeri dapat diterapkan ketentuan-ketentuan sbb :

- (a) Berat maksimum dan pernisasinya.
- (b) Dimensi maksimum
- (c) Langkah-langkah penanganan guna mencegah korosi.
- (d) Uraian konstruksi yang terperinci.
- (e) Uraian mengenai alat-alat pelengkap.
- (f) Uraian yang lebih spesifik mengenai pengujian, termasuk pengujian khusus yang dikehendaki pembeli dan disetujui fabrikasi.
- (g) Suku cadang dan perkakas

17. Bagi transformator yang diimpor dapat ditambahkan persyaratan konstruksi dan alat-pelengkap, sebagian atau seluruhnya, seperti tercantum pada Ayat 18.

18. Bagi transformator produksi dalam negeri ditambahkan persyaratan konstruksi dan alat-pelengkap sbb:

18.1 Lubang penguras minyak dilengkapi keran, dan ditempatkan agak terlindung sehingga tidak mudah terbentur, tetapi mudah mengambil minyak

18.2 Celah pendingin dibuat dari gelas dan ditetapkan spesifikasinya.

18.3 Pelat nama yang permanen dibuat dari pelat yang kuat dan tahan-udara serta bernomor seri yang mudah dikenal konsumen. Tulisan pada pelat harus jelas, misalnya dengan goresan, ukiran atau cap.

Data untuk pelat nama sesuai **SPLN SA:1978** (Publikasi IEC 76-1(1976), Ayat 5) ditambah dengan standar nasional negara fabrikasi, yaitu:

- (a) Jenis transformator (mis. transformator, ototransformator)
- (b) Nomor spesifikasi
- (c) Nama fabrikasi
- (d) Nomor seri (fabrikasi)
- (e) Tahun pembuatan
- (f) Jumlah fasa
- (g) Daya pengenal
- (h) Frekuensi pengenal
- (i) Tegangan pengenal
- (j) Arus pengenal
- (k) Lambang hubungan (Kelompok vektor)
- (l) Tegangan impedansi pada arus pengenal (Nilai pengukuran)
- (m) Pendinginan
- (n) Berat total
- (o) Berat minyak
- (p) Kemakluman suhu
- (q) TID
- (r) Sadapan

- (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...
- 18.6 Tegangan (pada busbar) dibuat dari kuningan (brass), supaya tidak berkarat.
- 18.7 Pegangan kondensator harus kokoh.
- 18.8 Mutu bus sesuai dengan standar mutu dari pabrik pembuat busbar.
- 18.9 Bus transformator dilengkapi dengan busbar agar mudah diangkat untuk keperluan pemeliharaan, perbaikan, informasi, pengangkutan, dan lain-lain (PBB).
- 18.10 Transformator dilengkapi dengan busbar, termometer, semua transformator berpenyusutan sendiri.
- 18.11 Pelat pada sisi primer diperkuat dengan busbar yang berwenang.
- 18.12 Pelat pada sisi sekunder diperkuat dengan busbar yang berwenang agar dapat dimanfaatkan untuk pemeliharaan, perbaikan, informasi, pengangkutan, dan lain-lain (PBB).
- 18.13 Busbar yang dipasang pada busbar harus sesuai dengan penggunaannya.
- (a) Busbar yang dipasang dengan busbar yang berwenang.
- (b) Busbar yang dipasang dengan busbar yang berwenang.
- 18.14 Busbar yang dipasang pada busbar harus sesuai dengan penggunaannya.

19. Uji

19.1 Uji

- 19.1.1 Uji ... (a) ... (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...

19.2 Uji

19.2.1 Uji ... (a) ... (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...

19.3 Uji

19.3.1 Uji ... (a) ... (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...

19.4 Uji

19.4.1 Uji ... (a) ... (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...

19.5 Uji

19.5.1 Uji ... (a) ... (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...

20. Uji

20.1 Uji ... (a) ... (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...

20.1 Uji

20.1.1 Uji ... (a) ... (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...

20.2 Uji

20.2.1 Uji ... (a) ... (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...

20.3 Uji

20.3.1 Uji ... (a) ... (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...

20.4 Uji

20.4.1 Uji ... (a) ... (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...

20.5 Ujian dielektris

(Lihat SPLN 8C:1978 (Publikasi IEC 76-3(1980), Sub-ayat 5.1, 5.2, 5.3, Tabel II, 12.3.1 dan Ayat 12.3.2).

20.6 Ujian pemrosesan permukaan dan bahan yang diperkuat

(Lihat SPLN SA:1978 (Publikasi IEC 76-4(1978), Sub-ayat 3.3).

21 Ujian termis

Ujian khusus meliputi ujian dan pengukuran suhu.

21.1 Ujian kenaikan suhu

(Lihat SPLN 8B:1978 (Publikasi IEC 76-1(1976), Ayat 1 dan 2).

21.2 Ujian dielektris

(Lihat SPLN 8C:1978 (Publikasi IEC 76-3(1980), Sub-ayat 5.1, 5.2, 5.3, Tabel II, dan Ayat 12.3.1).

22 Ujian khusus

Ujian khusus meliputi ujian dan pengukuran suhu.

22.1 Ujian dielektris

(Lihat SPLN 8C:1978 (Publikasi IEC 76-3(1980), Sub-ayat 5.1, 5.2, 5.3, Tabel II dan 12.3.2).

22.2 Pengukuran impedansi antara nol pada transformator daya-tiara

(Lihat SPLN SA:1978 (Publikasi IEC 76-1(1976), Sub-ayat 3.4).

22.3 Ujian hubungan singkat

(Lihat SPLN 8E:1978 (Publikasi IEC 76-5(1976), Ayat 1 dan 2).

22.4 Pengukuran tingkat bunyi akustik

(Lihat Publikasi IEC 87:1976) "Measurement of Front Sound and Rear Sound Level".

22.5 Pengukuran bunyi akustik pada motor kipas dan pompa minyak

(Lihat SPLN SA:1978 (Publikasi IEC 76-4(1978), Sub-ayat 3.5).

22.6 Pengukuran tahanan impedansi dan sudut fasa motor kipas dan pompa minyak.

Ujian ini dilakukan pada motor kipas dan pompa minyak dengan cara mengukur impedansi dan sudut fasa dengan pembangkit tegangan AC dan beban resistif.

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI
REPUBLIK INDONESIA

KEPUTUSAN MENYETAPKAN STANDAR KETENAGALISTRIKAN

NOMOR : 360 K/473/M.PE/1986

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI,

mbaca

- : Surat Keputusan Menteri Listrik dan Energi Baru Nomor 1611/47 / 600.3/1986 tanggal 12 April 1986.

imbang

- : a. bahwa standar standar Ketenagalistrikan sebagaimana tercantum dalam lampir 2 Keputusan ini adalah merupakan hasil rumusan dan pembahasan konsep standar sebagaimana diatur dalam pasal 2 ayat (1) dan (2) Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor : 02/K/M/Pertamban/1983 tanggal 3 Nopember 1983 tentang Standar Listrik Indonesia;

- b. bahwa hubungan dengan itu, untuk melindungi kepentingan masyarakat umum dan konsumen di bidang ketenagalistrikan, dipandang perlu menetapkan standar-standar Ketenagalistrikan tersebut sd. a. menjadi Standar Listrik Indonesia sebagaimana tercantum dalam lampir 3 dan 4 Keputusan ini.

ingat

- : 1. Undang-undang Nomor 15 tahun 1980 (Larangan Negara Republik Indonesia Tahun 1980) ayat 11;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1979;
3. Keputusan Presiden Nomor 13/11 Tahun 1983;
4. Keputusan Presiden Nomor 15 Tahun 1984;
5. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 02/K/M/Pertamban/1983.

M E M U T U S K A N :

apkan

MA

- : Menetapkan Standar Standar Ketenagalistrikan sebagaimana tercantum dalam lampir 3 dan 4 Keputusan ini sebagai Standar Listrik Indonesia (SLI).

KEPUTUSAN :

K E D U A : Ketentuan mengenai penerapan Standar Listrik Indonesia (SLI) sebagaimana dimaksud dalam diktum PERTAMA Keputusan ini diatur lebih lanjut oleh Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru.

K E T I C A : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : J A K A R T A
Pada tanggal : 15 APRIL 1986.

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI



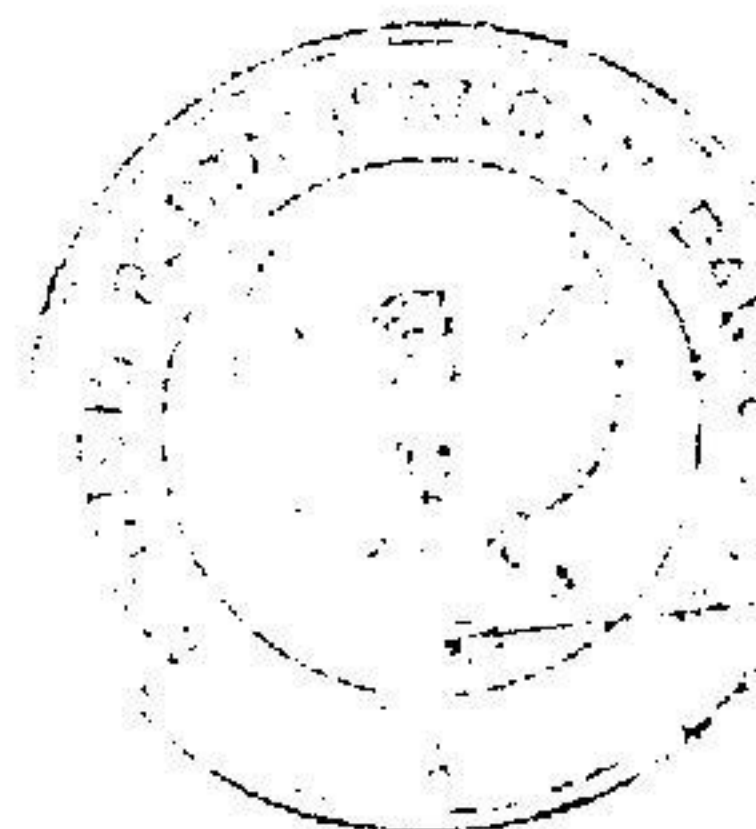
U. B. R. O. T. O.

SALINAN Keputusan ini disampaikan kepada Yth. :

1. Para Menteri Kabinet Pembangunan IV;
2. Ketua Dewan Standardisasi Nasional;
3. Pimpinan Lembaga Pemerintah Non Departemen;
4. Sekretaris Jenderal Departemen Pertambangan dan Energi;
5. Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru, Dep. Pertambangan dan Energi;
6. Pimpinan Badan Usaha Milik Negara;
7. Ketua KADIN;
8. Kepala Biro Pusat Statistik;
9. A r s i p .

No.	STANDAR-STANDAR KETERANGAN	NO. STANDAR KETERANGAN	NO. STANDAR KETERANGAN
1.	Pendinginan Mesin Sinkron	Pendinginan Mesin Sinkron	SLI 018-1985
2.	Spesifikasi Transformator Distribusi	Spesifikasi Transformator Distribusi	SLI 019-1985
3.	Spesifikasi Transformator Tegangan Tinggi	Spesifikasi Transformator Tegangan Tinggi	SLI 020-1985
4.	Konduktor Aluminium Berpaku Baja	Konduktor Aluminium Berpaku Baja	SLI 021-1985
5.	Ujian Penyebaran pada Material	Ujian Penyebaran pada Material	SLI 022-1985
6.	Pedoman Uji Silap Guna, dan Pemeliharaan Turbin Air (revisi SLI 023-1985)	Pedoman Uji Silap Guna Operasi dan Pemeliharaan Turbin Air (revisi SLI 023-1985)	SLI 023-1985
7.	Standar Meter Air, Listrik, dan Gas	Standar Meter Air, Listrik, dan Gas	SLI 024-1985

MENTERI PERENCANAAN DAN KEBANGSAH



2607

2607